

---

# Jurnal *Rekayasa Elektrika*

---

VOLUME 11 NOMOR 4

AGUSTUS 2015

---

**Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time**

123-128

*Muhammad Rizal Fachri, Ira Devi Sara, dan Yuwaldi Away*

---

JRE	Vol. 11	No. 4	Hal 123–156	Banda Aceh, Agustus 2015	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620x
-----	---------	-------	-------------	-----------------------------	--------------------------------------

# Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time

Muhammad Rizal Fachri, Ira Devi Sara, dan Yuwaldi Away  
Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No.7, Banda Aceh 23111  
e-mail: m.rizalfachri@gmail.com

**Abstrak**—Pemantauan terhadap parameter keluaran panel surya sangat perlu dilakukan untuk menilai kinerja sebuah panel surya pada kondisi lingkungan yang nyata. Paper ini bertujuan memberikan suatu teknik baru pemantauan secara langsung dan real time terhadap parameter keluaran dari sebuah panel surya yaitu tegangan dan arus pada kondisi lingkungan tertentu. Untuk memenuhi keperluan pemantauan tersebut, sistem pemantauan kinerja panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan yang telah dikalibrasi, sistem akuisisi data yang diintegrasikan ke *spreadsheet* Excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori sebagai penyimpanan data cadangan. Perancangan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328P dan dihubungkan ke komputer melalui port serial RS232. Kelebihan dari sistem pemantauan ini adalah hasil pengukuran dari setiap sensor dapat diproses secara langsung dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada kondisi real time. Informasi mengenai tegangan dan arus dari panel surya yang dikumpulkan pada kondisi real time dapat diperoleh langsung melalui *spreadsheet* Excel tanpa memerlukan program ulang terhadap Arduino. Fasilitas ini memberikan kemudahan untuk pengolahan data selanjutnya.

**Kata kunci :** *Real time, Akuisisi data, Pemantauan, Sensor arus, Sensor tegangan, Panel surya, Arduino*

**Abstract**— Monitoring the output parameters of a solar module is required for assessing its performance under real operating conditions. This paper presents a new technique for monitoring the output parameters i.e. current and voltage of a solar module directly under real operating conditions. In this new monitoring technique, the output parameters of a solar module can be directly processed in real time condition and their results are displayed in a graph. The monitoring system is developed using microprocessor Arduino Atmega 328P and equipped with calibrated current and voltage sensors, a data acquisition system which is integrated directly into an Excel spreadsheet using the PLX-DAQ application program and a memory card for backup. The monitoring system is connected to a computer using a RS232 serial port. The collected data is saved directly into a spreadsheet and plotted in real time. This technique provides an easy access to the collected data for further analysis.

**Keywords:** *Real time, Data Acquisition, Monitoring, Current Sensors, Sensor Voltage, Solar Panels, Arduino*

## I. PENDAHULUAN

Panel surya adalah peralatan utama sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi untuk mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Besar daya keluaran yang dihasilkan dari proses konversi tersebut ditentukan oleh beberapa kondisi lingkungan dimana sebuah panel surya berada seperti intensitas cahaya matahari, suhu, arah datangnya sinar matahari dan spektrum cahaya matahari. Kondisi lingkungan yang selalu berubah-ubah setiap waktu menyebabkan daya keluaran panel surya juga ikut berfluktuasi. Untuk menentukan daya keluaran sebuah panel surya yang akan dijual di pasaran maka dipilihlah sebuah kondisi pengujian standar yaitu tingkat radiasi 1000 W/m<sup>2</sup>, suhu panel 25°C, sudut datangnya sinar tegak lurus terhadap permukaan panel surya, 0° dan spektrum AM1.5. Daya maksimum yang dihasilkan pada kondisi standar ini dijadikan sebagai daya keluaran dari sebuah panel surya dan harga jual panel surya ditentukan oleh nilai daya ini.

Sayangnya kondisi pengujian standar tersebut sangat sulit ditemui pada kondisi operasi nyata.

Kinerja sebuah panel surya yang ditempatkan pada suatu kondisi lingkungan tertentu dapat ditentukan dengan memantau langsung parameter keluarannya seperti tegangan, arus dan daya [1]. Dari hasil pemantauan tersebut dapat diperoleh informasi apakah pemasangan panel surya sudah sesuai dan menghasilkan daya keluaran yang diharapkan. Metode pemantauan panel surya saat ini hanya mengumpulkan data parameter keluaran panel surya dalam bentuk *text file* dengan format tertentu. Data ini tidak dapat diambil langsung pada kondisi *real time* [2], [3]. Jika data parameter keluaran panel surya dapat diperoleh secara *real time* dalam bentuk grafik maka pengguna teknologi panel surya dapat mengatur sendiri pemakaian energi dan beban listriknya. Dengan demikian suplai listrik pelanggan dapat terjamin keberlanjutannya dan dapat dihandalkan. Paper ini bertujuan memberikan teknik baru dalam pemantauan parameter keluaran panel surya secara langsung dan *real time*. Teknik pemantauan

ini menggunakan data akuisisi PLX-DAQ yang mampu menampilkan data dan grafik pengukuran secara *real time* tanpa harus mematikan *board* arduino yang digunakan sebagai *data logger*. Penerapan teknik pemantauan ini dapat menghemat waktu pengolahan data secara signifikan [3].

## II. METODE

### A. Sistem Monitoring Panel Surya

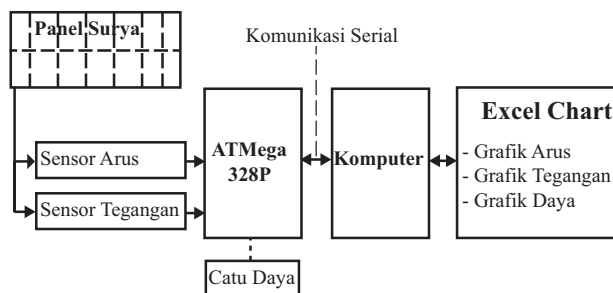
Teknik pemantauan parameter keluaran panel surya yang dikenalkan menggunakan mikroprosesor Arduino Atmega 328P, data akuisisi PLX-DAQ yang dapat diintegrasikan langsung ke *Microsoft Office Excel* [4], sensor arus, sensor tegangan, catu daya dan perangkat komputer. Struktur peralatan dalam sistem pemantauan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.

Parameter keluaran panel surya yaitu arus dan tegangan diperoleh dari hasil pembacaan sensor arus dan tegangan. Hasil pembacaan dari kedua sensor tersebut kemudian ditransmisikan ke mikroprosesor berbasis Arduino atmega 328P digunakan untuk mengontrol penuh pembacaan sensor-sensor dan mengatur transmisinya ke sistem akuisisi data di komputer. Catu daya bekerja memberikan suplai daya ke *board* Arduino. Data akuisisi dengan program aplikasi PLX-DAQ memungkinkan komunikasi antarmuka antara Arduino dengan *spreadsheet Excel* dengan menggunakan kabel serial RS232 sebagai jalur komunikasi. Selama proses pencatatan, data yang diperoleh disimpan, diplot dan dianalisis di *spreadsheet Excel* secara *real time*.

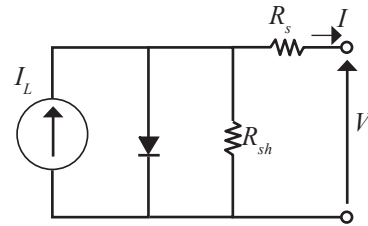
### B. Model Matematis Panel Surya

Pada umumnya panel surya atau *photovoltaic* (PV) memiliki rangkaian ekuivalen seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan pemodelan matematis sangat diperlukan untuk mengetahui parameter PV yang digunakan [5].

Sebuah sel PV dapat dimodelkan dengan sebuah sumber arus yang diparalel dengan sebuah dioda. Sebuah resistor shunt dan sebuah resistor seri ditambahkan untuk memodelkan mekanisme kerugian dalam sebuah sel PV. Dari rangkaian ekuivalen pada Gambar 2 diperoleh hubungan arus dan tegangan sebuah sel surya seperti ditunjukkan pada Persamaan (1).



Gambar 1. Skematik monitoring parameter panel surya



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen panel surya [5]

$$I = I_L - I_o \left[ \exp \left( \frac{V + R_s I}{V_t a} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \right] \quad (1)$$

Dimana  $I_L$  arus yang dibangkitkan cahaya (A),  $I_o$  arus saturasi dioda p-n (A),  $R_s$  merupakan resistor seri pada sel PV ( $\Omega$ ),  $R_{sh}$  resistor paralel sel PV ( $\Omega$ ),  $a$  adalah parameter dioda yang bernilai antara 1 dan 2, serta  $V_t$  tegangan terminal (V) yang dinyatakan seperti Persamaan (2) berikut:

$$V_t = N_s \frac{kT}{q} \quad (2)$$

dimana,  $T$  merupakan temperatur (K),  $k$  konstanta Boltzmann ( $1.3806 \times 10^{-23}$  J/K) dan  $q$  muatan elektron ( $1.6021 \times 10^{-19}$  C).  $R_p$  resistor shunt atau resistor paralel menunjukkan arus yang bocor (*leakage*) pada sambungan p-n dioda, dimana nilainya untuk PV modul silikon sekitar  $0.1 - 10 \text{ m}^2$  [5].

Efisiensi energi PV dinyatakan sebagai rasio energi total (termal dan elektrik) terhadap energi matahari yang jatuh pada permukaan panel surya dirumuskan pada Persamaan (3) [5], [6].

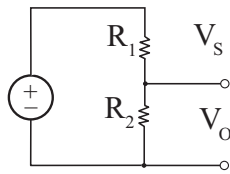
$$\eta_{en} = \frac{V_{oc} I_{sc}}{A S_T} \quad (3)$$

dimana  $V_{oc}$  (V) menyatakan tegangan *open circuit*,  $I_{sc}$  arus *short circuit* (A),  $S_T$  radiasi global Matahari ( $\text{W/m}^2$ ), dan  $A$  luas permukaan modul PV ( $\text{m}^2$ ).

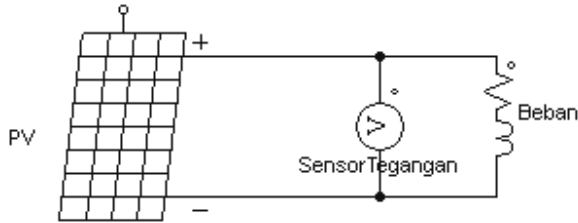
### C. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan merupakan sebuah modul sensor tegangan yang menggunakan prinsip pembagi tegangan. Modul ini dapat mengurangi tegangan input hingga 5 kali dari tegangan asli. Tegangan analog input maksimum mikrokontroler yaitu 5 volt, sehingga modul tegangan dapat diberi masukan tidak melebihi  $5 \times 5$  Volt atau sebesar 25 Volt. Modul sensor tegangan akan dipasang secara paralel terhadap beban panel surya. Gambar rangkaian sensor tegangan seperti Gambar 3.

Pada dasarnya pembacaan sensor hanya dirubah dalam bentuk bilangan dari 0 sampai 1023. Karena chip Arduino AVR memiliki 10 bit AD, maka resolusi pembacaan tegangan modul surya adalah sebesar  $0,00489 \text{ V}$  dari ( $5 \text{ V}/1023$ ), dan tegangan input dari modul ini harus lebih



Gambar 3. Rangkaian sensor tegangan



Gambar 4. Rangkaian sensor tegangan yang terhubung paralel terhadap beban

dari  $0,00489 \text{ V} \times 5 = 0,02445 \text{ V}$  [7]. Untuk pembacaan tegangan keluaran panel surya yang lain dapat dirumuskan seperti persamaan berikut:

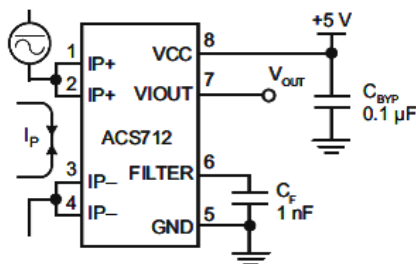
$$Volt = [(V_{out} \times 0,00489) \times 5]. \quad (4)$$

$V_{out}$  merupakan pembacaan pada *analogread* arduino. Modul tegangan ini disusun secara paralel terhadap beban, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

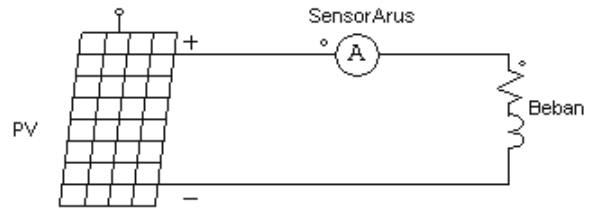
#### D. Sensor Arus (ACS712-5A)

Sensor arus yang digunakan merupakan modul ACS712 untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal. Sensor ini dapat mengukur arus positif dan negatif dengan kisaran  $-5\text{A}$  sampai  $5\text{A}$ . Sensor ini memerlukan suplai daya sebesar  $5\text{V}$ . Untuk membaca nilai tengah (nol Ampere) tegangan sensor diset pada  $2,5\text{V}$  yaitu [6] setengah kali tegangan sumber daya  $VCC = 5\text{V}$ . Pada polaritas negatif pembacaan arus  $-5\text{A}$  terjadi pada tegangan  $0,5\text{V}$ . Tingkat perubahan tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar  $400 \text{ mV/Ampere}$ .

Gambar 5 menunjukkan rangkaian sensor arus ACS712. Hasil pembacaan dari modul sensor arus perlu disesuaikan kembali dengan pembacaan nilai arus sebenarnya yang dihasilkan oleh panel surya. Modul ACS712 memiliki sensitifitas tegangan sebesar  $66\text{-}185 \text{ mV/A}$ . Sama halnya



Gambar 5. Rangkaian sensor arus ACS712 [8]



Gambar 6. Rangkaian sensor arus yang terhubung seri terhadap beban

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

Gambar 7. Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 328P [9]

dengan sensor tegangan, sensor arus memiliki jangkauan pembacaan mulai dari 0 (pada input  $0\text{V}$  input) sampai 1023 (pada input  $5\text{V}$ ) dengan resolusi sebesar  $0,0049\text{V}$ . Pembacaan sensor arus,  $I$  pada *analogread* dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{0,0049 \times V_{out} - 2,5}{0,185}. \quad (5)$$

Modul sensor arus ini disusun secara seri terhadap beban, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

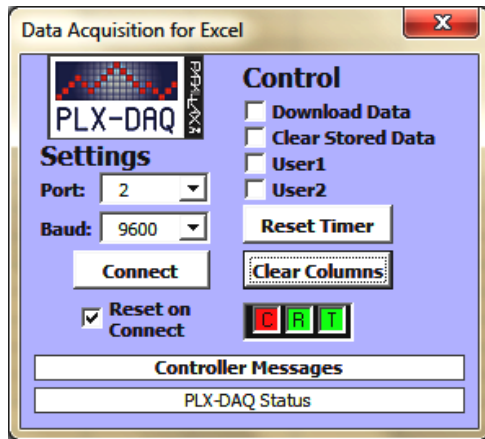
#### E. Mikrokontroler ATmega 328P

Hasil pembacaan sensor arus dan tegangan panel surya dikontrol sepenuhnya oleh mikroprosesor ATmega328P. Konfigurasi input-output dari mikrokontoller ATmega328 ditunjukkan pada Gambar 7.

ATmega328 merupakan prosesor yang kaya fitur. Chip sudah dibangun dalam bentuk DIP-28, yang terdapat 20 pin *Input/Output* (21 pin bila pin reset tidak digunakan, 23 pin bila tidak menggunakan oskilator eksternal), dengan 6 di antaranya sudah dilengkapi dengan pin ADC (*analog-to-digital converter*) sehingga tidak diperlukan penambahan ADC eksternal, dan 6 lainnya memiliki fungsi PWM (*pulse width modulation*).

#### F. Proses Monitoring dan Data Akuisisi Panel Surya

Peralatan pemantauan parameter keluaran panel surya ditunjukkan pada Gambar 1. Mikrokontroler menerima pembacaan data parameter panel surya dari modul sensor dan dikirim ke komputer melalui komunikasi serial koneksi RS232. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan



Gambar 8. Program PLX-DAQ untuk komunikasi antarmuka [4]

dalam bentuk Excel yang kemudian dapat diolah untuk di analisa bentuk grafik arus, tegangan dan daya dari panel surya.

Program PLX-DAQ digunakan sebagai interface antara mikrokontroler dengan *spreadsheet Excel* untuk membaca sel atau menulis pada *Excel* dengan cepat. Program akuisisi ini dapat membaca parameter eksperimental karakteristik pada arduino dan dapat menghasilkan output yang memadai tanpa mengkompilasi ulang seluruh kode program. Setting program PLX-DAQ ditunjukkan pada Gambar 8.

Pada Gambar 8, Program PLX-DAQ terdiri atas *Control*, posisi *port* dari Arduino yang digunakan dan *Baud COM port* serial yang digunakan oleh Arduino. Tingkat transmisi dapat dipilih dalam rentang 1 ms - 0,08 ms (9600-128000 baud).

Komputer yang digunakan harus sangat cepat dalam mendukung akuisisi data *real time*. Program digunakan untuk hubungan antarmuka, maka dapat langsung memantau performansi panel surya dengan sampel tegangan dan arus kira-kira setiap 1 menit saat dilakukan penelitian. Untuk demikian, menampilkan grafik akan meningkatkan proses waktu.

Tabel 1. Hasil kalibrasi sensor tegangan

No	Multimeter (Volt)	Mikrokontroler (Volt)	Galat (%)
1	0	0	0
2	2,04	2,03	0,49
3	4,07	4,11	0,98
4	6,02	6,06	0,66
5	8,12	8,07	0,62
6	10,15	10,19	0,39
7	12,03	12,06	0,25
8	14,06	14,11	0,36
9	16,09	16,13	0,25
10	18,05	18,08	0,17
Rata - rata Galat (%)			0,42

Tabel 2. Hasil pengujian sensor arus dengan beban 10 dan 20 ohm

No	Beban	Multimeter (mA)	Sensor ACS712 (mA)	Galat (%)
1	10 Ω	391,03	401,16	2,59
2		672,26	689,09	2,5
3		892,02	912,18	2,26
4		1031,41	1052,5	2,04
5		1263,11	1278,08	1,19
		Rata-rata		2,12
6	20 Ω	386,02	411,01	6,47
7		472,08	503,02	6,55
8		841,05	910,04	8,2
9		962,03	1038,13	7,91
10		1035,12	1140,08	10,14
		Rata-rata		7,86

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

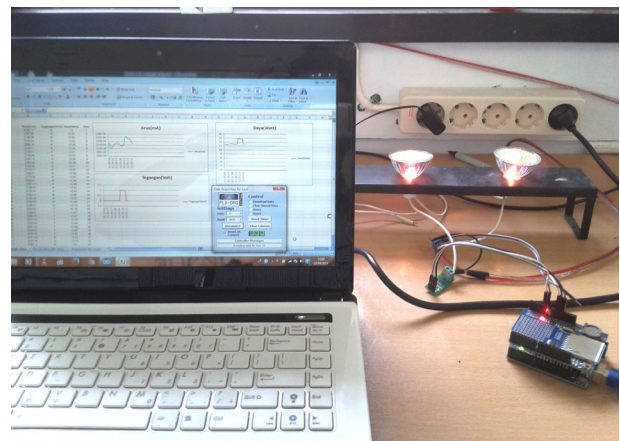
#### A. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan yaitu dengan memberi tegangan masukan antara 0 sampai 18 volt, yang kemudian dibandingkan dengan hasil pembacaan pada multimeter yang telah dikalibrasi. Hasil kalibrasi dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Dari hasil pengujian didapat bahwa sensor tegangan memiliki galat rata – rata sebesar 0,42 %.

#### B. Pengujian Sensor Arus (ACS712-5A)

Sensor arus ACS712 dikalibrasi dengan Multimeter yang telah dikalibrasi. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan dengan catu daya yang mencapai maksimal sampai 3 A yang telah dibebani dengan hambatan 10 ohm dan 20 ohm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 9. Pengambilan data dengan memonitor langsung kinerja panel surya secara real time



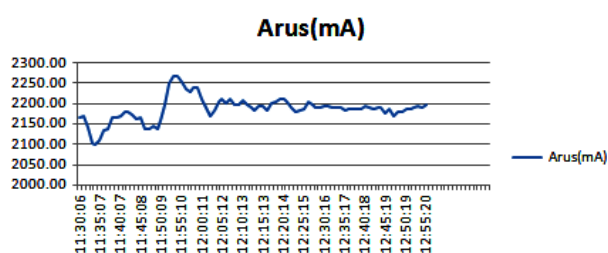
1	Time	Arus(mA)	Tegangan(Volt)	Daya(Watt)	Row
2	11:30:06	2166.74	6	13	1
3	11:31:06	2167.98	6	13.01	2
4	11:32:06	2140.99	6	12.85	3
5	11:33:06	2103.85	6	12.62	4
6	11:34:06	2098.76	6	12.59	5
7	11:35:07	2109.21	6	12.66	6
8	11:36:07	2134.61	6	12.81	7
9	11:37:07	2138.80	6	12.83	8
10	11:38:07	2165.18	6	12.99	9
11	11:39:07	2165.60	6	12.99	10
12	11:40:07	2168.06	6	13.01	11
13	11:41:08	2178.57	6	13.07	12
14	11:42:08	2180.57	6	13.08	13
15	11:43:08	2170.99	6	13.03	14
16	11:44:08	2163.07	6	12.98	15
17	11:45:08	2165.23	6	12.99	16
18	11:46:08	2138.46	6	12.83	17
19	11:47:09	2135.95	6	12.82	18
20	11:48:09	2143.32	6	12.86	19
21	11:49:09	2138.46	6	12.83	20
22	11:50:09	2159.58	6	12.96	21
23	11:51:09	2196.97	6	13.18	22
24	11:52:09	2250.93	7	15.76	23
25	11:53:10	2266.61	7	15.87	24
26	11:54:10	2266.75	7	15.87	25
27	11:55:10	2251.70	7	15.76	26
28	11:56:10	2235.04	7	15.65	27
29	11:57:10	2227.62	7	15.59	28
30	11:58:10	2238.92	7	15.67	29
31	11:59:11	2237.95	7	15.67	30
32	12:00:11	2211.94	6	13.27	31

Gambar 10. Hasil Rekaman data pada MS. Excel melalui interface PLX-DAQ

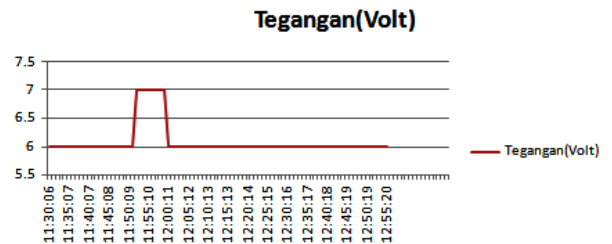
Dari hasil Tabel 2 menunjukkan bahwa sensor arus ACS 712 memiliki galat (%) rata-rata saat dibebani 10 ohm yaitu 2.12 % dan saat dibebani 20 ohm memiliki galat rata-rata sebesar 7.86 %. Besarnya galat rata-rata pada saat dibebani 20 ohm dikarenakan menimbulkan panas berlebih. Sensor arus ACS 712 sangat sensitif dengan suhu, suhu idealnya berkerja yaitu sekitar 25 °C.

### C. Pengujian dan Implementasi Sistem Keseluruhan

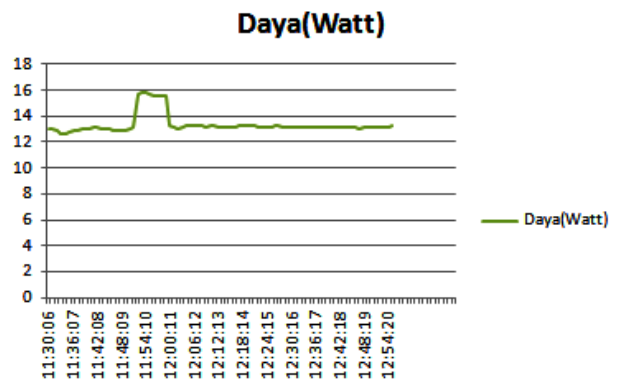
Pengujian dan implementasi dilakukan di laboratorium sentronika jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unsyiah pada tanggal 08 April 2015. Gambar 6 menunjukan diagram skematik dasar dari sistem pengukuran dan monitoring secara *real time* terhadap performansi panel surya. Konfigurasi dianggap terdiri dari sensor tegangan dan arus, sehingga dapat dimonitor juga daya yang diserap oleh beban panel surya. Arduino yang terintegrasi dengan sensor-sensor juga dapat memungkinkan untuk mengakuisisi data dan sekaligus dipantau untuk mengetahui performansi panel surya. Hasil pengambilan



Gambar 11. Grafik monitoring arus panel surya



Gambar 12. Grafik monitoring tegangan panel surya



Gambar 13. Grafik monitoring daya panel surya

data ditunjukan pada Gambar 9.

Dari Gambar 9, data yang terukur oleh sensor dapat dikirimkan melalui RS232 dan dapat di analisa grafik performansi panel surya. Panel surya memiliki kapasitas daya 2 x 50 Wp dengan dihubungkan secara paralel. Panel surya dibebani oleh dua buah lampu 50 watt yang dihubungkan secara seri. Hasil monitoring langsung panel surya dapat dilihat pada MS. Excel yang langsung ditulis melalui interface program PLX-DAQ, terlihat seperti Gambar 10. Dari rekaman tersebut maka muncul grafik arus dan tegangan seperti terlihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.

Dari hasil pengukuran arus dan tegangan dapat dicari daya keluaran panel surya yang telah dibebani dengan dua lampu 50 Watt yang terhubung seri. Hasil perhitungan bila muncul tegangan 6 Volt dan arus yang dihasilkan sebesar 2200 mA maka daya keluaran panel surya yaitu sebesar 13,2 Watt seperti ditunjukan pada Gambar 13.

## IV. KESIMPULAN

Keakuratan pembacaan parameter keluaran panel surya sangat ditentukan oleh keakuratan sensor arus dan tegangan yang digunakan dalam sistem monitoring kinerja panel surya. Sensor arus dan tegangan yang digunakan memiliki selisih pembacaan dalam batas normal. Teknik pemantauan dengan menggunakan program aplikasi PLX-DAQ memungkinkan penampilan hasil pengukuran sensor arus dan tegangan secara langsung dan *real time*.

## REFERENSI

- [1] Farihah S., Nasrudin A.R., Hew W. P., "Zigbee-based data acquisition system for online monitoring of grid-connected photovoltaic system", *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, pp: 1730–1742, 2015.
- [2] M. Fuentes, M. Vivar, J.M.Burgos, J.Aguilera, J.A. Vacas, "Design of an accurate, low-cost autonomous data logger for PV system monitoring using Arduino™ that complies with IEC standards", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 130, pp: 529–543, 2014.
- [3] Yansen., "Data Logger Parameter Panel Surya," Tugas Akhir, Fakultas Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia, 2013.
- [4] D. G. Iez-Arjona, E. R. González, G. López-Pérez, M.M. Domínguez P., "An Improved Galvanostat for the Characterization of Commercial Electrochemical Cells," *Journal of Laboratory Chemical Education*, Vol. 1(2), pp.11-18, 2013.
- [5] Hamdani, Dadan., Subagiada, Kadek., Subagio, Lambang., "Analisis Kinerja Solar Photovoltaic System (Sps) Berdasarkan Tinjauan Efisiensi Energi dan Eksergi," *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, Vol. 01, No. 02 (2011), pp : 84 – 92.
- [6] Di pizza, Carmela, Maria., Ragusa, Antonella., Vitale, Gianpaolo., "Identification of Photovoltaic Array Model Parameters by Robust Linear Regression Methods," *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'09)*, Valencia (Spain), 15th to 17th April, 2009.
- [7] Datasheet Modul Sensor Tegangan, April 2015, [Online]: <http://www.emartee.com/product/42082/Voltage%20Sensor%20Module%20%20Arduino%20Compatible>
- [8] Datasheet ACS712, April 2015, [Online]: <http://www.allegromicro.com/~media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx>
- [9] Datasheet Atmega 328P, November 2014, [Online]: [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc8161.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8161.pdf)

**Penerbit:**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: [rekayasa.elektrika@unsyiah.net](mailto:rekayasa.elektrika@unsyiah.net)

Telp/Fax: (0651) 7554336

